



TITLE:

研究室紹介

AUTHOR(S):

CITATION:

研究室紹介. Cue 2002, 9: 20-38

ISSUE DATE:

2002-06

URL:

<https://doi.org/10.14989/57838>

RIGHT:

研究室紹介

このページでは、電気系関係研究室の研究内容を少しずつシリーズで紹介して行きます。今回は下記のうち太字の研究室が、それぞれ1つのテーマを選んで、その概要を語ります。

(※は「新設研究室紹介」、☆は「大学の研究・動向」のページに掲載)

電気系関係研究室一覧

工学研究科

電気工学専攻

複合システム論講座 (荒木研)

電磁工学講座 電磁エネルギー工学分野 (島崎研)

電磁工学講座 超伝導工学分野 (牟田研)

電力工学講座 電力発生伝送工学分野

電力工学講座 電力変換制御工学分野 (引原研)

電気システム論講座 電気回路網学分野 (奥村研)

電気システム論講座 自動制御工学分野 (萩原研)

電気システム論講座 電力システム分野

電子物性工学専攻

集積機能工学講座 (鈴木研)

電子物理学講座 極微真空電子工学分野 (石川研)

電子物理学講座 プラズマ物性工学分野 (橘研) ☆

機能物性工学講座 半導体物性工学分野 (松波研)

機能物性工学講座 電子材料物性工学分野 (松重研)

量子工学講座 光材料物性工学分野 (藤田茂研)

量子工学講座 光子電子工学分野 (野田研)

量子工学講座 量子電磁工学分野 (北野研)

イオン工学実験施設

高機能材料科学講座 クラスタイオン工学分野

情報学研究科

知能情報学専攻

知能メディア講座 言語メディア分野

知能メディア講座 画像メディア分野 (松山研)

通信情報システム専攻

通信システム工学講座 デジタル通信分野 (吉田研)

通信システム工学講座 伝送メディア分野 (森広研)

通信システム工学講座 知的通信網分野 (高橋研)

集積システム工学講座 大規模集積回路分野 (小野寺研)

集積システム工学講座 情報回路方式論分野 (中村研)

集積システム工学講座 超高速信号処理分野 (佐藤研)

システム科学専攻

システム情報論講座 画像情報システム分野 (英保研) ☆

システム情報論講座 医用工学分野 (松田研)

エネルギー科学研究科

エネルギー社会・環境学専攻

エネルギー社会環境学専攻 エネルギー情報分野 (吉川栄研)

エネルギー基礎科学専攻

エネルギー物理学講座 電磁エネルギー学分野 (近藤研)

エネルギー応用科学専攻

応用熱科学講座 プロセスエネルギー学分野 (塩津研)

応用熱科学講座 エネルギー応用基礎学分野 (野澤研)

エネルギー理工学研究所

エネルギー生成研究部門 高度エネルギー変換分野

エネルギー生成研究部門 粒子エネルギー研究分野 (吉川潔研)

エネルギー生成研究部門 プラズマエネルギー研究分野 (大引研)

エネルギー機能変換研究部門 複合系プラズマ研究分野 (佐野研)

宙空電波科学研究センター

地球電波科学研究部門

大気圏光電波計測分野 (津田研)

宇宙電波科学研究部門

宇宙電波工学分野 (松本研)

電波科学シミュレーション分野 (大村研)

電波応用工学研究部門

マイクロ波エネルギー伝送分野 (橋本研)

レーダーリモートセンシング工学分野 (深尾研)

京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー (KU-VBL)

国際融合創造センター

創造部門

先進電子材料分野 (藤田静研) §

融合部門

ベンチャー分野 § §

注 § 工学研究科電子物性工学専攻藤田茂研と一体運営

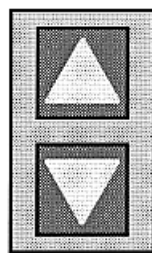
§ § 工学研究科電子物性工学専攻橘研と一体運営

複合システム論講座（荒木研究室）

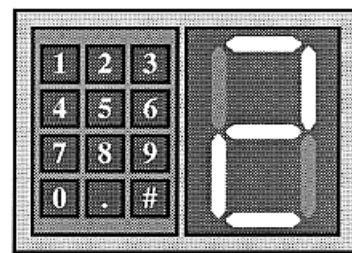
「行き先階登録方式エレベータの群管理システムの研究」

本研究室では、複合システム論という立場から、一つに手術中の患者の血圧制御や静脈麻酔における麻酔深度の制御など医療システム工学上のテーマを、また一つに電力・鉄鋼・交通など工学分野でのシステム最適化のテーマを扱っています。その中で今回は、「行き先階登録方式エレベータの群管理システムの研究」について説明したいと思います。

最近、行き先階登録方式と呼ばれるエレベータシステムが注目を集めつつあります。従来のエレベータでは、各階のエレベータホールに図1(a)のようなボタンが設けられていて、乗客は自分の行きたい方向（上下方向）をこのボタンで指定します。実際に行きたい階（行き先階）は、エレベータに乗った後で指定することになります。これに



(a) 従来の方式



(b) 行き先階登録方式

対して、行き先階登録方式の場合には、例えば図1(b)のようなボタンがエレベータホールに設けられていて、乗客はホールで直接行き先階を指定するようになっています。この場合、エレベータを管理するシステム側から見ると、各乗客の行き先階の情報をより早い時点で知ることができるわけです。この情報をうまく使うことにより、従来よりも効率よく乗客を運搬できるのではないかと期待されています。

本研究室ではこれまで、行き先階登録方式エレベータの群管理システム、つまり、複数台のエレベータを効率よく動かすシステムの研究を行ってきました。群管理システムでは、
呼び割り当て：エレベータホールでボタンを押した乗客をどのエレベータに割り当てるか、
運行決定：各エレベータをどのように動かして割り当てられた乗客を運んでいくか、
という二つの点を考えなければなりません。現在のところは、エレベータの運行決定に重点を置いて、理論的な研究を行っています。

私達はまず、エレベータの運行決定の問題を、乗客がホールでボタンを押した時点でエレベータの運行を決定し直していくという、動的な最適化問題として定式化しました。運行のよさを表す尺度（評価関数）としては、今のところ、各乗客がホールでボタンを押してから、行き先階でエレベータを降りるまでの時間の平均（平均サービス完了時間）を用いています。この最適化問題に対して、分枝限定法を用いた厳密解法を構成しました。分枝限定法の性能は、構成方法によって大きく変わってしまいますので、いろいろな工夫が凝らして高速化をはかっています。

次に、エレベータの運行シミュレータを作成し、一般的なエレベータ運行と新しい手法による運行との比較を行いました。その結果、提案手法を用いることで、平均サービス完了時間を最大で20%以上改善できることがわかりました。

残念ながら、現在の解法では計算時間の面で、現実のエレベータシステムに組み込むのはまだまだ無理な状況ですので、今後、解法の高速度の研究を進める予定です。また、運行決定問題についての成果をベースとして、呼び割り当て手法の研究を行いつつあります。

電磁工学講座 超伝導工学分野（牟田研究室）

「固体窒素を用いた新冷却方式高温超伝導マグネットシステムの開発研究」

近年、冷凍機によって20～40 K程度の極低温環境が手軽に得られるようになっている。同温度領域では、ビスマス系に代表される高温超伝導材料の電流輸送特性ならびにその磁界特性が大幅に向上することから、様々な冷凍機冷却方式高温超伝導機器が検討されている。ところで、伝導冷却方式では冷媒を用いた方式に比較して擾乱に対する損失特性の劣化が激しく、最悪の場合には焼損等の危険性も憂慮される。そこで、同方式に補助冷媒を付加すれば機器の信頼性が格段に向上するため、そのような冷媒の一つとして固体窒素（3重点：温度＝63.1K、圧力＝12.5kPa）が考えられる。安価で資源が豊富である上に環境に優しい固体窒素を補助冷媒として用いることができれば、機器の信頼性が格段に向上すると期待される。固体窒素冷媒の研究は、1970～1980年代に主として宇宙応用において行われた。一方、同固体を高温超伝導機器用冷媒に適用する試みは、最近になってマサチューセッツ工科大学（MIT）や韓国電気研究所（KERI）において検討されているが、固体窒素と冷却対象の熱接触に関する詳細な検討は行われていない。一般に固体冷媒と冷却対象との熱接触は極めて悪いため、これを改善することは固体冷媒の使用可能性を探る上で重要である。

我々は、伝導冷却方式窒素固化法において、試料空間への熱侵入を可能な限り抑えけるとともに固化時の冷却速度を遅くすることにより、高温超伝導コイルと固体窒素との熱接触が大幅に向上することを見出した [1]。また数値シミュレーションにより、我々の方法で作製した固体窒素の実効的熱伝達率は、従来の減圧法によるものよりも6倍以上良いことが分かった [2]。その他、固体冷媒の所謂ドライアウト現象に関する伝熱学的知見も得ている [1]。一例として、BSCCO-2223高温超伝導コイル（図1）に過電流通電した際の電圧変化を図2に示す。真空中では10秒程度で熱暴走を引き起こすような条件下においても、我々の方法で作製した固体窒素に含浸した場合では損失の殆ど発生していないことが分かる。

固体窒素は35.61Kにおいて構造相転移を起こして比熱が向上することから、今後は20～30Kの温度領域をシステム運転温度として検討を進める。また、固体窒素の実効的熱伝導率の向上や液体ネオンとの併用によるパフォーマンスの向上などにも挑戦していきたい。さらには、別途研究している高温超伝導コイルの静止形フラックスポンプ方式永久電流減衰補償システムと組み合わせることにより、高機能高温超伝導マグネットシステムを志向する予定である。このシステムが開発されれば、例えばMRI（Magnetic Resonance Imaging）装置等への応用展開が期待される。

<参考文献> 1. T. Nakamura, I. Muta, K. Okude and T. Hoshino, Physica C (2002) in press.

2. 中村武恒, 奥出健一, 藤尾彰尚, 牟田一彌, 星野勉, 低温工学, 投稿中。

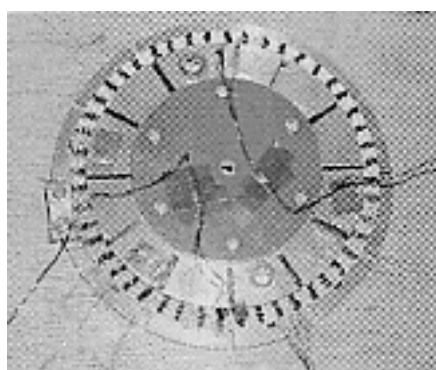


図1 高温超伝導コイル

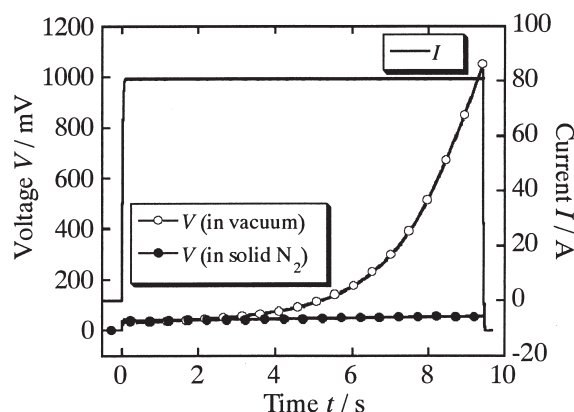


図2 過電流通電に伴う電圧変化 (60.0K)

電気システム論講座 自動制御工学分野（萩原研究室） 「周期時変系に対するシステム制御理論の基盤構築」

1. 周期時変系

我々が対象とするシステムは、過去に行った操作がその時点のみならずそれより将来においても影響を及ぼすという意味での動特性を、多かれ少なかれ有している。この動特性が時間的に変化しないシステムを時不変系と呼んでおり、実システムの多くがこの範疇に属する（近似可能である）。しかし一方では、動特性が時間的に変化する時変系と呼ばれるシステムもまた数多く実在する。前者が定係数の微分方程式に対応するのに対して、後者は係数が時間的に変化する微分方程式に対応しており、当然のことながら扱いは厄介となる。このため、時不変系に関するシステム制御分野の研究成果の時変系への一般化がどこまでなされてきたか、という点に関して、現状はまだまだ不十分といわざるを得ない。

時変系の中でも、動特性の周期的変動を伴うようなシステムが周期時変系と呼ばれるものであり、そのようなシステムについての研究は、理論的にも実用上も重要なものである。それはひとつには、上記のように理論を一般化して適用可能対象を広げていく過程として、時変系のなかでも扱いが相対的には容易なクラスに属することによる。加えて、回転に代表される周期現象が、自然現象から人工物に至るあらゆるものの中に普遍的に見いだされることから明らかであろう。あるいはまた、周期系の解析は、ある種の偏微分方程式の解析とも関連した実用的意義を有している。

2. 作用素理論に基づく周期時変系の解析

システム制御における基本的アプローチは、与えられたシステムの入出力間の動特性を表現するモデルを導入し、それに基づきさまざまな制御性能の解析や制御装置の設計を行うというものである。モデルとして代表的なものの1つに伝達関数があり、これに基づく周波数領域での解析・設計手法が古くから研究されてきた。しかし、周期時変系に対しては伝達関数モデルが存在し得ないことは明らかであり、これに代わるモデルが必要となる。そのようなモデルをいかにすれば導入可能かという問題は、実は、本誌第3号において紹介した現代的サンプル値制御理論に関する研究とも極めて類似の側面を有している。しかし一方では、周期時変系の問題では、変係数の微分方程式を対象としているという点において、そこでの問題とは異なる本質的により難しい点があり、取り扱いも全く異なるものとなる。ここでは本誌の性格や紙面の都合上、その詳細に関しては割愛させていただくが、一言で概観するならば、周期関数のフーリエ級数展開により得られる展開係数列の作る（あるいはこれが属する）無限次元空間 l_2 上での作用素として周期時変系をとらえることにより、（本来的には時不変系に対する概念である）周波数応答の概念を拡張して（作用素として）持ち込むことを可能とし、これに基づき制御性能を論じるというものである。

実際には、このような手法を構築する上では、例えば、微分操作に関連して現れる非有界作用素の問題や、周波数応答作用素が一般にはコンパクト作用素でないという問題などをはじめとして、さまざまな厄介な点がある。ここで、コンパクト作用素とは、平たくいえば、「無限次元空間 l_2 全体においてそれを一様に近似するような、有限次元の性質を有する作用素が、任意の指定近似精度のもとで存在する作用素」のことである。したがって、この性質の欠如が本質的な無限次元性とでもいうべきもの（ある意味での収束性の欠如）を意味し、例えば数値計算上でさえも困難を回避する工夫を伴うであろうこととしてここでの問題点をご理解いただければ幸いである。これらの難点を克服しつつ周期時変系に対するシステム制御理論の基盤構築を行っているところである。

本研究の性格上、あるいは筆者の力不足のため、後半部においては理論面に立ち入った細かな話にならざるを得なかった点、ご容赦いただければ幸いである。

機能物性工学講座 電子材料物性工学分野（松重研究室） 「有極性低分子薄膜の構造制御とその強誘電物性の解明」

1. はじめに

有機電界発光（EL）素子や有機電界効果トランジスタ（FET）に代表される「有機薄膜エレクトロニクス」や、単分子電子素子の創成を目的とした「分子ナノエレクトロニクス」など、有機分子を能動的電子デバイスに活用しようとする研究が各地で精力的に進められている。以前より当研究室では、個々の機能性分子の配列制御や有機分子集合体における光・電子物性の解明を主要なテーマの一つとし、新規な有機電子デバイスの創成を目的とした研究を遂行してきた。ここでは、代表的な分子の配列制御手法の一つである真空蒸着法を用いて作製した有極性低分子薄膜における、特異な結晶構造特性とその電気特性評価に関する研究について報告する。

2. 有極性分子蒸着膜における結晶構造の制御と強誘電特性評価

本研究では、代表的な強誘電ポリマーであるポリフッ化ビニリデンの低分子量体である新規合成フッ化ビニリデン（VDF）オリゴマー $[\text{CF}_3(\text{CH}_2\text{CF}_2)_{17}\text{I}]$ を使用した。VDFオリゴマーは分子鎖内に大きな永久電気双極子モーメントを有する極性分子である。この分子には個々の分子鎖の構造とそれらが結晶化した時の結晶構造の違いにより、図1に示すような強誘電相（I型）と常誘電相（II型）の2種類の結晶相が存在する。この強誘電物性を利用することで有機分子デバイスへの応用展開が期待できるが、バルク状態では残念ながら常誘電相であるII型が安定相である。我々は、成膜条件の制御によりI型が優先的に形成される薄膜を作製する研究を進めており、これまでにKClやKBr等のイオン結晶性の絶縁性基板上ではI型結晶からなる蒸着薄膜の作製が可能であることを示した。今後の電子デバイスへの応用に向けては、金属基板表面上でのVDFオリゴマー分子の結晶構造制御が強く望まれているが、最近の我々の研究により、蒸着時の基板温度を -100°C 以下まで冷却した状態でVDFオリゴマー薄膜を作製すると、任意の基板表面上においてI型が優勢となる薄膜を形成できることをはじめて明らかにした。実際に、Pt基板上に基板温度 -160°C で成膜したVDFオリゴマー蒸着膜（膜厚500nm）に三角波電圧を加えて電流電圧特性を測定した結果（図2参照）、VDFオリゴマー分子の分極反転によるスイッチング電流のピークが観測され、VDFオリゴマーの強誘電性を確認するに至った。

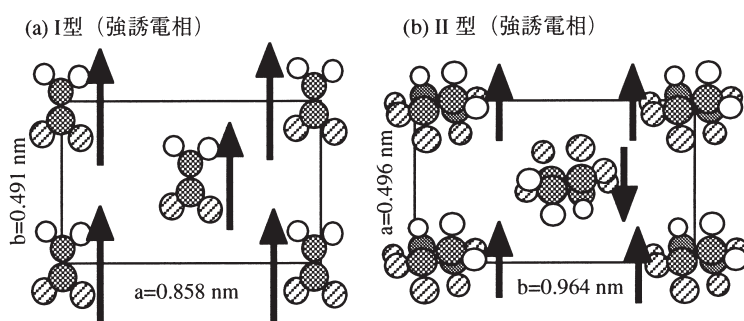


図1：VDFオリゴマーの結晶構造模式図

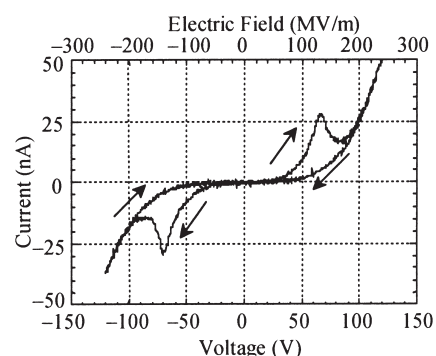


図2：VDFオリゴマー蒸着膜の分極スイッチング電流

量子工学講座 光量子電子工学分野（野田研究室）

「次世代フォトンクス・デバイスの研究：フォトニック結晶デバイス」

本研究室では、光分野で革新をもたらすような新しい構造・デバイスの開発を目的として、フォトニック結晶およびそのデバイス応用、超高速光—光変調デバイス、量子ドットデバイス等の研究を積極的に進めている。今回は、その中でも、フォトニック結晶を用いた新しいデバイスについて紹介する。

フォトニック結晶とは、周期的な屈折率分布をもつ新しい光材料を意味し、光子のエネルギーに対してフォトニックバンドギャップが形成されるという特長をもつ。このバンドギャップ中では、光子は状態を取り得ず、光は完全に結晶から遮断されることになる。このことは、周期ポテンシャル分布をもつ固体結晶（特に半導体）において電子に対するエネルギーバンド構造が形成され、バンドギャップ中において電子が状態を取り得ないのと類似の関係にある。完全フォトニックバンドギャップをもつ結晶に対し、結晶構造の一部を人為的に乱す、つまり「欠陥」を導入して光を局在させる、あるいは複数の欠陥列を介して光を伝播させる等の、「欠陥エンジニアリング」を行うことにより、光を様々な制御することが可能となる。これにより、極微小域で光を直角に曲げたり、零しきい値レーザという究極のレーザを実現したり、さらには、運動している光子を極微小欠陥で捕獲し、かつ放出するなど、従来にない新しい光の制御が可能となると期待される。もちろん当然のことながら、それに先立ち光波長域にバンドギャップをもつ2次元、さらには3次元の完全フォトニック結晶を実現すること自体も、重要な研究課題となっている。

我々は、図1に示すような2次元フォトニック結晶スラブ（薄板）を用いた新しい機能デバイスを提案している。これは、2次元フォトニック結晶スラブ（薄板）中に設けた線状欠陥導波路に様々な光子エネルギーをもつ光を導波させ、導波路の近傍に設けた点欠陥により、点欠陥準位に相当するエネルギーをもつ光子を捕獲し、点欠陥共振器中で共振している間に、垂直方向に光が取り出されるという原理で動作するものである。種々の大きさをもつ欠陥を複数個、導波路の近傍に設けるだけで、光波長多重通信において重要な超小型の面出力型の光アッド・ドロップデバイスの実現等に繋がるものと期待される。これまでに、図2に示すように、その基本動作の実証に成功するとともに、(a)ドロップ波長が欠陥の大きさを変えることで十分にチューニング可能であること、(b)Q値は、（空気部分の多いアクセプタ型としては）450程度とかなり大きな値であること、(c)取り出し効率は、数10%以上とかなり高いこと等を実証している。詳細は、

S. Noda, et al, *Nature* 407 (2000) 608, A. Chutinan, et al, *APL* 79 (2001) 2690, 野田、物理学会誌、57 (2002) 46-49.

等を参考頂ければ幸いである。

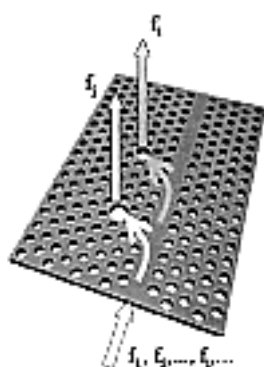


図1. デバイス構造

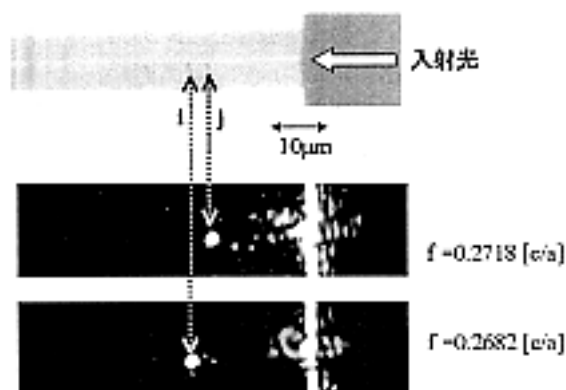


図2. 点欠陥による光子の捕獲と自由空間への放出実験結果

量子工学講座 量子電磁工学分野（北野研究室）

「超短パルスレーザによる光／マイクロ波シンセサイザ」

光の周波数は、電氣的に扱うことができるマイクロ波周波数に比べておよそ1万倍も高く、周波数カウンタで直接計測することはできない。そのため従来は、マイクロ波から、遠赤外レーザ、赤外レーザ、近赤外レーザと、数倍ずつ通倍して測定していた。その装置は大掛かりなもので、教室2部屋くらいの大きさになる。しかも連続運転は不可能で、特定の周波数しか測定できないものであった。

ところが3年程前、超短パルスレーザを用いて従来の方法と遜色ない精度で光周波数を測定できることをドイツの研究者が実証し、この事情が根本的に覆された。超短パルスレーザはモードロックレーザと呼ばれる種類のもので、正確に一定の時間間隔で光パルス列を発するという特徴をもつ。これを周波数領域にフーリエ変換した姿は、正確に一定の周波数間隔だけ離れた多数のレーザ光の集合となっている。その形状からこれは光コム（comb＝櫛）をよばれ、これを光周波数の物差しとして使うことによって、光周波数の2点間の差周波数を測定することができる。

ここで光コムが低周波数端の2倍の周波数まで高周波側に広がっているとする。音と同じように、2倍の周波数差を1オクターブとよぶ。1オクターブ光コムの低周波数端の2倍の周波数を発生させると（これはある種の結晶にレーザ光を通すと容易に得られる。）、発生した周波数2倍の光コムは、元の光コムの高周波端と重なる。詳細は省略するが、このように光コムにおいて自分自身を参照すると、光コム全体の周波数軸上での位置（中心周波数）がわかり、その位置を変動しないように固定することができる。さらに光コムの周波数間隔も変動しないように制御すると、光コム1本1本の周波数が決まる。そうすると、2点間の周波数差を測定できるばかりではなく、周波数値が決まった10万本ものレーザ光が1オクターブにわたって同時に得られることになる。レーザ光の周波数を測定するときは、そのうち1本の光コムとの周波数差をビート周波数として測定すればよい。1オクターブ光コムは、やや高出力のモードロックレーザの光パルスをフォトニック結晶構造を径方向に作りこんだ特殊な光ファイバーを通すことによって容易に実現できるようになった。その結果、この周波数測定法は急速に発展している。

本研究室では小型化・高信頼性化と極限性能の両面を追及する。前者では、半導体レーザをモードロックさせ、ワンボックスの光周波数計や光シンセサイザの実現を目指す。GPSの時間信号を基準として利用すると12桁の精度が保証された基準マイクロ波を容易に手に入れることができる。今までの光技術では、光はもっぱら波長で区別して利用されてきた。分光器などによる波長の測定は簡単だが、長さの精度が低いため、測定精度は原理的に10桁ほどで制限される。1オクターブ光コムが小型の装置で実現できれば周波数が高い精度で測定できるようになり、光通信をはじめとして新しい応用が開けてくる。

また、後者ではレーザの周波数を測定するのではなく、安定なレーザの方に光コムを安定化し、レーザの安定度に等しい安定度をもつマイクロ波を、光コムの周波数間隔、つまり、パルスの繰り返し周波数から得ることを目標としている。光の周波数がマイクロ波より一万倍高いことがここではいい方向に働き、レーザ光の周波数の安定度はマイクロ波よりも高く、原理的には18桁も得られると試算されている。このような安定なレーザ光を、真空中に閉じ込めた唯1個のイオンを利用して実現する研究も行っている。

参考文献) 杉山「フェムト秒レーザーによる光とマイクロ波を結ぶ新しい周波数チェーン」
日本物理学会誌（執筆中）



開発中のモードロックレーザシステム

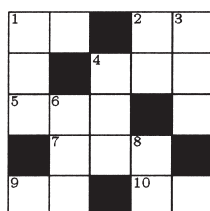
知能メディア講座 言語メディア分野

「日本語クロスワードパズルを解く」

我々人間は、パズルやクイズを解くことに知的な楽しみを見いだします。クロスワードパズルは、「ことば」に関するパズルの中で最も良く知られたものの一つで、カギ (clue) と呼ばれるヒントから単語を推測し、グリッド (grid) と呼ばれる格子のマスの空欄 (白マス) を埋めつくすパズルです。おそらくほとんどの人は、一度はクロスワードパズルを解いたことがあるでしょう。しかし、クロスワードパズルを解くということがどのようなプロセスであり、そのためには、どれくらいの知識や常識が必要であるか考えたことがある人はほとんどいないでしょう。計算機にクロスワードパズルを解かせようとする試みは、「ことば」に関する人間の能力に対して、パズルという側面から光を当てる試みに他なりません。

クロスワードパズルを解くという問題は、おおよそ、(1) テキストとして与えられるカギから答 (単語) の候補を推測する問題と、(2) 推測した候補を使ってグリッドを埋める問題、に分割することができます。このうち、我々が特に興味があるのは前者の問題で、これは、いわゆる常識テストに相当します。この常識テストには、定義から単語を推測する問題 (「四つの季節 (2)」→「四季」) や、具体例から概念を推測する問題 (「アサリ、サザエ、ハマグリ」→「貝」)、あるいは、典型的な状況から単語を連想する問題 (「雨の日にさす (2)」→「傘」)、雑学的知識を問う問題 (「煎餅が好きな動物」→「鹿」) などが含まれます。さらに、下図のクロスワードにはありませんが、ことば遊びやとんち問題 (「いわないけど不味くない動物 (2)」→「馬」) などにも含まれることがあります。

このような常識テストを、計算機はどれくらい解くことができるのでしょうか。本研究では、自然言語処理技術と自然言語処理のための各種資源 (辞書やコーパス) を用いて、日本語クロスワードパズルを自動的に解くことを試みました。作成したシステムでは、カギから答を推測するプロセスを「連想」として捉えます。この連想を、8種類のタイプ (同義、反義、説明-対象、一部-全体、コロケーション、強い連想、弱い連想、推論) に整理し、各種の資源に対して、これらの連想を行なうプログラムを多数実装しました。カギから答の候補を求める処理では、まず、カギを言語的に解析し、次にそのカギに強く結び付いた連想タイプを求めます。たとえば、「無料のこと (2)」は「Xのこと」というパターンのカギであり、このパターンは「同義」という連想タイプと強い関係があるため、このカギは最終的に、『「無料」の同義語のうち2文字のものを探せ』というコマンドとして解釈されます。こうして同義語を探すプログラムが起動され、「ただ」や「ロハ」などの候補が得られることになります。実験では、作成したシステムは、約21%のカギに対して正解を1位として出力し、約56%のカギに対して正解を上位30位以内に出力しました。これらの候補を使ってグリッドを埋める探索問題を解くことにより、クロスワードの最終的な答が求まります。下図は、本システムが完全に解くことができたクロスワードの一つです。



ヨコのカギ

- 1 四つの季節 (2)
- 2 雨の日にさす (2)
- 4 赤と白とロゼがある (3)
- 5 病気を治す人 (3)
- 7 スギナの子 (3)
- 9 崖から落ちる川 (2)
- 10 Rがつく月に食べる (2)

タテのカギ

- 1 パーティーの進行役 (3)
- 2 アサリ、サザエ、ハマグリ (2)
- 3 脂が乗った夏の魚 (3)
- 4 外国語を日本語に訳すこと (3)
- 6 漆塗りの器 (3)
- 8 煎餅が好きな動物 (2)

大西憲司作。許可を得て掲載。©大西憲司。(<http://club.pep.ne.jp/~necochichi/pc2/cw/cros504.htm>)

参考文献

- [1] 佐藤理史.日本語クロスワードパズルを解く. 情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.4, 2002-NL-147-11, pp69-76, 2002.

通信システム工学講座 伝送メディア分野（森広研究室） 「インパルス雑音環境下における最適受信機に関する研究」

一般家庭において、パソコンやインターネットに接続可能な家電機器などの情報通信機器が普及しつつあります。これらの情報通信機器が互いの情報を交換し、インターネット上のリソースに効率的にアクセスするためには、家庭内のネットワークであるホームネットワークの構築が必要となります。我々の研究室では、ホームネットワークを構築するための通信媒体として、家庭内にはりめぐらされた電力線を利用することを考えています。電力線を利用したホームネットワークでは、新しく配線することが不要である、電力と情報の両方を同時に一本のケーブルで伝送できるなど、他の伝送媒体に見られない利点を有します。テレビ映像を伝送することを視野に入れた電力線ホームネットワークの構成図を図1に示します。

電力線を利用したホームネットワークは非常に利便性がありますが、家電機器内部のスイッチングレギュレーターなどにより発生する、突発的かつ高レベルの

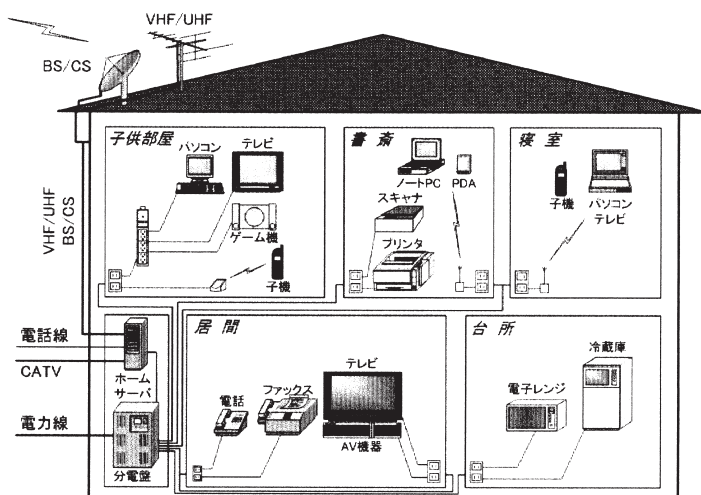


図1. 電力線ホームネットワーク

インパルス雑音が情報信号に重畳する可能性が高まります。図2は典型的なインパルス雑音の一例を示しています。インパルス性の雑音に加わる伝送路上の雑音は、その統計的性質がガウス雑音の場合と異なります。一方、情報通信機器は、ガウス雑音に関して最適設計がされています。そのため、電力線ネットワークのようなインパルス雑音環境下では、情報通信機器の通信品質が大幅に劣化する可能性があります。

我々の研究室では、インパルス雑音環境下における受信機の最適設計について研究しています。様々な変調方式に対して、インパルス雑音の統計的性質を考慮に入れた受信機モデルを提案しています。提案受信機は、インパルス雑音に加わる伝送路において、ガウス雑音に最適化された従来の受信機と比較して大幅な性能向上が図れることを計算機シミュレーションにより明らかにしています。

今後は、インパルス雑音環境下に関して最適設計された受信機が、実際の電力線ホームネットワークに対して有効であることを実験により検証していきたいと考えています。

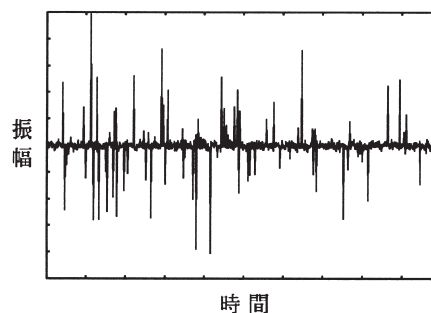


図2. 典型的なインパルス雑音

通信システム工学講座 知的通信網分野（高橋研究室） 「光ルーティングネットワークの研究」

インターネットのトラフィックの急増を背景にした、波長多重伝送技術の進歩にはめざましいものがある。2点間の大容量情報伝送のみでなく、波長をルーティングにも用いるようになりつつある。現在は、ルータ間にオンデマンドで波長パスを設定するG-MPLSシステムの研究開発が行われており、将来は波長毎にパケット単位でルーティングを行う光ルータへと発展することが期待されている。

光ルータは光の高速性・大容量性・波長によるルーティングといった特徴をノード技術としてもフルに活用しようとするものである。しかしながら、実用的な意味で有効な光メモリが未開発であり、パケットの衝突を回避するためのパケットバッファリングが光ルータ実現上の重要な課題となっている。そこで本分野では、課題解決のアプローチのひとつとして、電気ルータで構成されるエッジルータを共通バッファとして用いる光ルータの研究を進めている。この方式ではパケット衝突の有無によって、ノード内のパケット経路が異なるため、パケットの順序逆転が発生し得る。この順序逆転を防止するための各種バッファ制御アルゴリズムを検討し、その性能を評価した。その結果、全回線容量の1/10程度の容量をもつ電気ルータを用いれば、高能率な回線を収容する大容量のルータが実現できることを明らかにした。このことから、光論理デバイスが開発されれば、光メモリが無くとも、光技術によるパケット・バイ・パケット・ルーティングの実現が可能であると考えている。

また、光ルータネットワークでは電気ルータネットワークと比べネットワークに装備されるパケットバッファ容量が異なるため、パケットの廃棄特性が大幅に異なる。後者が2状態的であるのに対し、前者は廃棄率が連続的に変化する。TCPに実装されているフロー制御アルゴリズムは、パケット廃棄の有無によって端末が自律分散的にウィンドウサイズを制御するアルゴリズムであり、電気ルータネットワークの廃棄特性を前提としたものである。そこで、廃棄特性が異なるネットワークが縦続接続された環境において、ふくそう状況に応じてフロー制御パラメータを適応的に制御するアルゴリズムの研究を行っている。

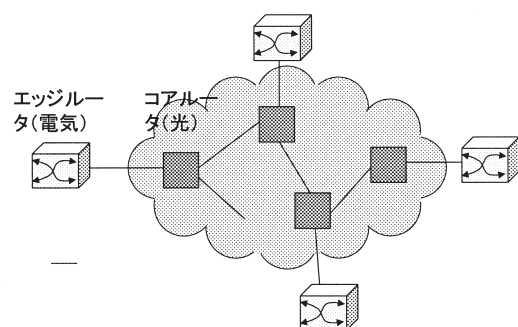


図1 光ルータネットワークの構成

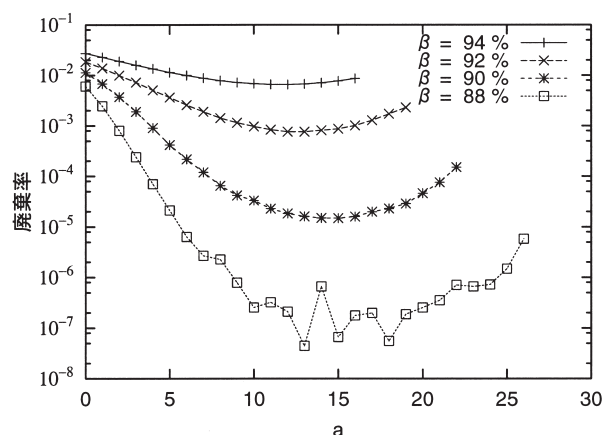


図2 バッファ制御アルゴリズムの評価例

集積システム工学講座 情報回路方式分野（中村研究室） 「JPEG2000 スケーラブル画像符号化の組込み向け実装法」

近年、情報端末の多様化、ネットワークへの接続形態の多様化が急速に進んでおり、さまざまな通信速度がネットワーク上に混在する状態となっている。このような多様化した伝送形態に適した符号化手法としてスケーラブル符号化がある。これはひとつのストリームにより接続形態やアプリケーションに応じたレート／品質の情報を提供できるように符号化することである。我々は動画像のスケーラブル符号化に関してその利用形態、伝送路、端末への実装までを統括的に考慮し、次世代動画像配信システムの研究を行っている。本稿ではスケーラブル符号化を実現する静止画像圧縮方式であるJPEG2000[1]で許可されている任意のプロGRESS順序のビットストリームを生成可能な組込み機器向けJPEG2000符号器の設計について紹介する。

図1にJPEG2000における符号化の流れを示す。入力画像はタイルと呼ばれる矩形ブロックごとにDWT（Discrete Wavelet Transform; 離散ウェーブレット変換）が行われ、低周波成分と高周波成分に分解される。ここで低周波成分については再帰的に分解される。次にDWT係数は量子化され、さらに符号化ブロックと呼ばれる単位に分けられる。そして、符号化ブロック内のDWT係数から同じ桁のビットを集めることによりビットプレーンが形成され、上位ビットプレーンから順に係数モデリングが行われる。係数モデリングにおいて各ビットプレーンは3種類のパスによって順に走査され、その結果であるコンテキストと2値シンボルが算術符号器に送られ符号化される。符号化ブロック毎の算術符号器の出力はSN比向上への寄与の大きさに応じてレイヤと呼ばれる単位に分割される。SN比向上への寄与が大きいビットほど上位レイヤに属する。そして、周波数成分・位置・色成分・レイヤが同一であるストリームにより、パケットが構成される。このパケットを上記の4要素に応じて並び替えることによってJPEG2000コードストリームが生成される。

JPEG2000で許可されている任意のプロGRESS順序のストリームを生成するために必要な機能として (1) レイヤ分割 (2) パス境界計算 (3) タイルパート構成が挙げられる。レイヤ分割はSN比プロGRESS順序の実現のために必要である。パス境界計算はレイヤ分割を行うために必要である。これは、レイヤ分割の位置が算術符号化されたパスのバイト境界に限定されており、またその境界が図2に示すように明確ではないからである。タイルパート構成はタイルの枠組を越えたプロGRESS順序実現のために必要である。

これらの処理機能のそれぞれを効率的に実装する手法を我々は新しく開発した [2]。(1) レイヤ分割については、上位ビットプレーンから順にビットプレーンとレイヤを1対1に割り当て、さらにSN比向上への寄与の大きい低周波成分を優先的に上位レイヤに割り当てる手法を提案している。(2) パス境界計算については、算術符号器がパスの最後のビットを符号化した時、それまでに出力した出力バイト列中の最後のバイトのインデックスに4を加えた値でパスの終端インデックスを示す手法を提案している。(3) タイルパート構成については、タイルパートの数が増えるとヘッダ情報が大きくなり非効率的であるので、タイルパート数をスケーラブル符号化に必要な最小限に抑える手法を採っている。

算術符号器およびパス境界計算機構をハードウェア記述言語Verilog-HDLで記述し、0.15 μm のライブラリを用いて合成したところ、そのハードウェア規模はNANDゲート換算でそれぞれ5435ゲート、1037ゲートとなった。他の処理はソフトウェアで記述を行った。また図3に提案レイヤ分割法を用いたときのビットレートとPSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)の関係を示す。これによりビットレートが大きくなるに従って画質が向上することが確認できる。



図1：JPEG2000符号化の流れ

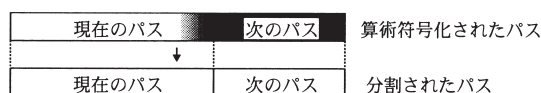


図2：パス境界

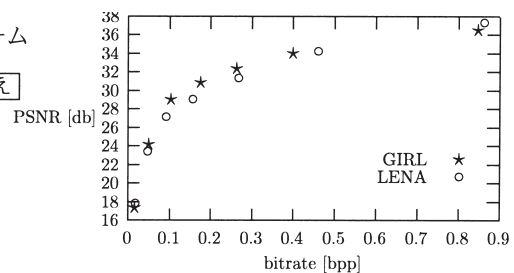


図3：レイヤ分割結果

参考文献

- [1] ISO/IEC 15444-1:2000, "JPEG2000 image coding system-Part 1: Core coding system," Dec. 2000.
- [2] H. Tsutsui, T. Masuzaki, M. Oyamatsu, T. Izumi, T. Onoye, and Y. Nakamura, "JPEG2000 Fully Scalable Image Encoder by Configurable Processor," in *Proc. 7th EUROMEDIA*, pp.168-172, Apr. 2002.

集積システム工学講座 超高速信号処理分野（佐藤研究室） 「再帰的非直交分解を用いた地下探査レーダ画像の雑音除去」

レーダを用いた地下探査において、対象物体の識別は最も困難な課題の一つである。特に、媒質の低域通過特性のため、探査深度を上げると共に利用可能な周波数帯域が低くなり、分解能が低下することが大きな制約となる。当研究室では、これまで離散モデルフィッティング法により、物体形状をなるべく少数のパラメータで表現し、推定の安定性と分解能の両立を図ってきた。しかし、この手法は比較的高精度なモデルの初期値を必要とするため、原画像のSN比が良好でないと適用が困難である。そのため、地下探査レーダ画像に特化した2次元放物型ウェーブレットを用いた雑音除去法の開発を試みている。ただし、雑音除去は一般に所望信号成分の劣化をも伴うため、次の形状推定に悪影響を及ぼすことが問題となる。従って、単に雑音を除去して画質を改善するのではなく、原画像に含まれる信号の特徴抽出を行うことが重要である。ここでは、その観点に適した非直交ウェーブレットを用いた再帰的分解法による目標の特徴抽出について紹介する。

地表面を直線的に走査する地下探査レーダ画像は、均質媒質中の点状物体の場合に双曲線となる。従って、一般の場合についても双曲線形状を基本とした画像分解を行えば少数の成分で所望信号の特徴を表現することが可能と考えられ、効率的な雑音除去が行える。しかし、地下探査レーダ画像に適した双曲線状もしくはこれの近似としての放物線状ウェーブレットについては、双直交条件を満たすものを見いだすことが困難である。

これに対して、非直交な基底（辞書波形）を用いて再帰的に画像を分解する手法が提案されている。ここで辞書波形として最初に放物線形状を用い、次に双曲線形状、さらに減衰のある媒質中の波形と、段階的に分解を進め、効率的に埋設物の位置、媒質定数などを推定する手法を開発した。目標位置の決定にはFFTを利用した高速畳み込みを用いて辞書とのマッチングを高速化している。図1はSN比-6dBの雑音中に埋もれた擬似データ画像、図2はこの方法により、辞書中に含まれる2つの放物線状画像を雑音中から抽出した例である。

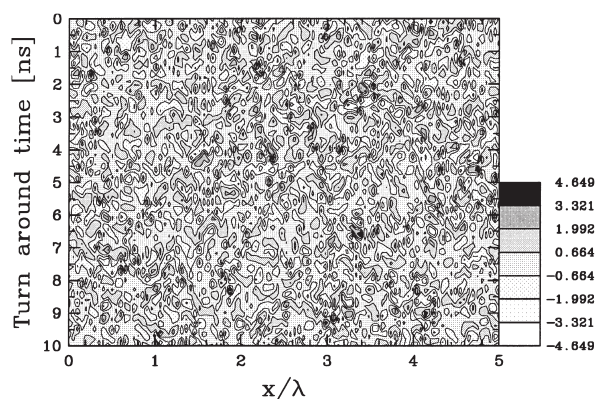


図1：ランダム雑音を加えた入力画像の例
(S/N=-6dB)

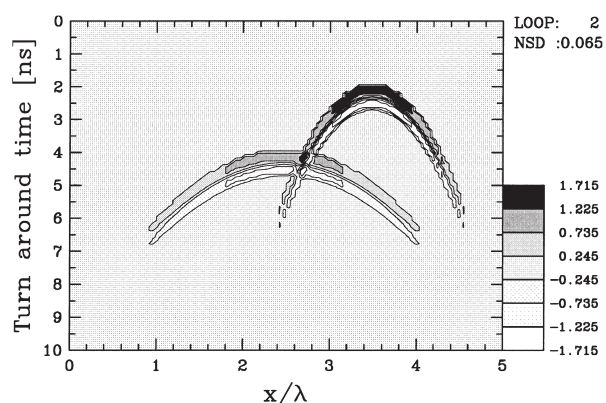


図2：2回の再帰的非直交分解により抽出された信号

エネルギー物理学講座 電磁エネルギー学分野（近藤研究室） 「LHD定常プラズマにおけるH α スペクトルプロファイルの微細測定」

磁場閉じ込めプラズマにおいて、周辺及び、ダイバータ領域での水素原子の挙動を明らかにすることは、将来の核融合炉において燃料制御の最適化を行ううえで重要な課題の1つである。周辺及び、ダイバータ領域での水素原子の速度分布は、リサイクリング過程により決定される。従って、詳細なH α 線のスペクトルプロファイルを測定することで、速度分布を得ることができ、リサイクリング過程を解明することが可能となる。本研究では、文部科学省核融合科学研究所が所有する世界最大級のヘリカル型磁場閉じ込め装置であるLHD（Large Helical Device）において、分光学的手法を用いて水素原子の挙動を明らかにすることを目的としている。

H α 線のスペクトルプロファイルの詳細な測定を行うために、高分解能を有する可視エッセル分光器とCCD検出器からなる計測システムの設計、製作を行った。また、製作されたシステムの較正を行うために、永久磁石（ $B=1.13\text{T}$ ）を用いたホローカソード放電による絶対波長較正装置を製作した。動作ガスに水素と重水素を使用し、そのバルマー α 線のZeeman分岐を利用して、非常に狭い波長領域（ $656.0\sim 656.3\text{nm}$ ）に6本の既知の線スペクトルを得ることができた。図1に絶対波長較正装置の全体図を示す。中央の真空容器内でホローカソード放電を行い、上下から磁場をかけている。図2は、図1の波長較正装置により測定されたH α 線のスペクトルプロファイルを示す。偏向した σ および π 成分は偏光板を用いてそれぞれ測定した。さらに、D α 線のスペクトルプロファイルを同様に測定し、 0.0025 nm/pixel の逆線分散を得た。

図3は、高分解能分光器システムでLHDにおいて測定した、H α 線のスペクトルプロファイルの1例である。プラズマは電子サイクロトロン共鳴加熱で生成され、その後中性粒子ビーム入射により加熱、維持された。測定されたスペクトルプロファイルは2つのガウシアンプロファイルでフィッティングできた。これは、水素原子の速度成分が大きく2つに分けられることを意味している。Narrow成分とBroad成分の中心波長（ 656.28nm ）からのずれに対するエネルギーは、それぞれ 0.11eV 、 1.59eV であり、ともに青方偏移である。特に、Broad成分は、真空容器壁面、ダイバータ板で反射した粒子を示しており、この成分は、磁場強度 $B=2.27\text{T}$ 、磁気軸 $R_{ax}=3.6\text{m}$ の配位において、真空容器内側により多く局在することが分かった。今後は、周辺部の電子温度、密度に対する依存性、数値計算との比較等を行い、より詳細に調べていく予定である。

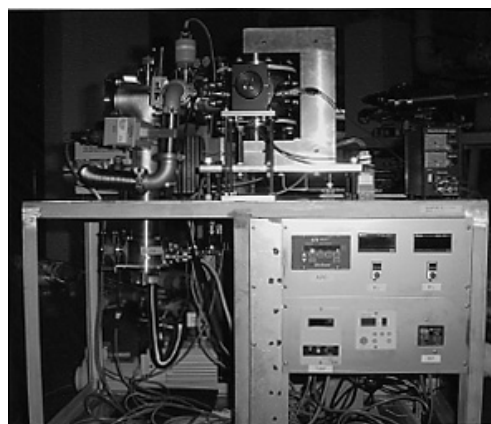


図1. エッセル可視分光器用絶対波長較正装置

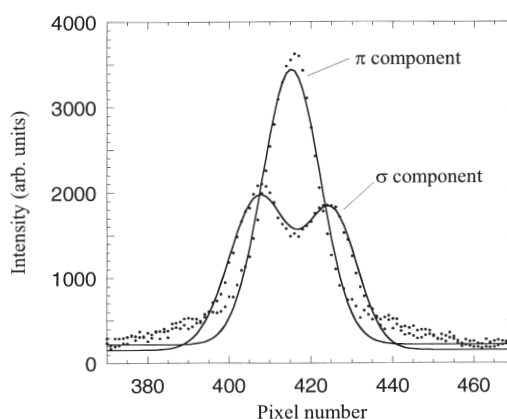


図2. 絶対波長較正装置で測定されたH α 線スペクトルプロファイル

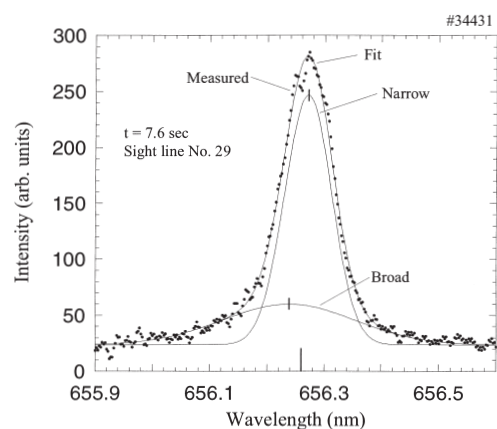


図3. LHDで測定されたH α 線スペクトルプロファイル

応用熱科学講座 エネルギー応用基礎学分野（野澤研）

「RSA暗号化回路の小面積回路構成と小容量メモリ化アルゴリズム」

1. はじめに

近年、IT革命によりネット上などデジタル世界での取引が増え、重要な情報を送信する機会が非常に多くなってきている。そこで、送信する情報の安全性確保が問題となってくる。安全性確保のために情報を暗号化し送信する手法が取られている。現在は、主にソフトウェアにより情報の暗号化が行われている。しかし、ソフトウェアでは処理速度はCPUの能力に依存し、これからの送信情報の増加を考えると限界があることが予想される。そこで、この問題を解決するための一つの方法として暗号化復号化処理ハードウェアを作製することが挙げられる。今回は、メモリとして不揮発性であり、低消費電力で高速なデータ書き換えが可能なゲインセル結合型FeRAM⁽¹⁾を用い、暗号化復号化処理回路について考察した。暗号化する情報のビット長が大きくなると、回路は一般的に面積とメモリ量が問題となるので、この二つの点についてそれぞれ考察した。具体的には、暗号方式としてRSA暗号を用い、RSA暗号化最小論理回路構成と少メモリRSA暗号化アルゴリズムを提案する。

2. 回路構成とアルゴリズム

第一に、RSA暗号化最小論理回路構成について述べる。この回路での情報の変換は、おおまかに分けて二つの段階を経て変換される。第一段階では、平文と暗号文とを対応づけそれにより平文から暗号文への暗号化論理情報を求める。次に、その暗号化論理情報にアドレス付けをし、FeRAM ARRAYに格納する。第二段階で、FeRAMに書き込まれた暗号化論理情報を読み出し、平文を暗号化する。このように一度暗号化論理情報を求めることにより、平文を暗号化する際、この暗号化論理情報を用いRSA暗号式を用いることなく暗号化することが可能となる。計算部以外の周辺回路のトランジスタ数を一定とし、計算部のANDゲート数と全トランジスタ数の関係について考察した結果を図1に示す。今回考察した回路構成では、計算部のANDゲートが1個の場合が最小であることが分かった。また、この回路構成をハードウェア記述言語で記述しFPGAで4 bitsでの全ての暗号化鍵・平文の動作確認をした。

第二に、少メモリRSA暗号化アルゴリズムについて述べる。FeRAMの不揮発性・低消費電力・高速データ書き換えという特徴を用い、必要メモリ量を削減する。このアルゴリズムを用いるとビット長が56ビット時の情報を暗号化するのに必要なFeRAMはおよそ11Kbである。これにより、ビット長が大きくなってもメモリ量が爆発的に大きくなることがなくなった。ビット長と必要最小メモリ量の理論的關係を図2に示す。

【参考文献】(1) 香山信三、野澤博、ゲインセル結合型FRAMを用いたFPGA基本回路のシミュレーション (61回応用物理学会予講集、2000、9)

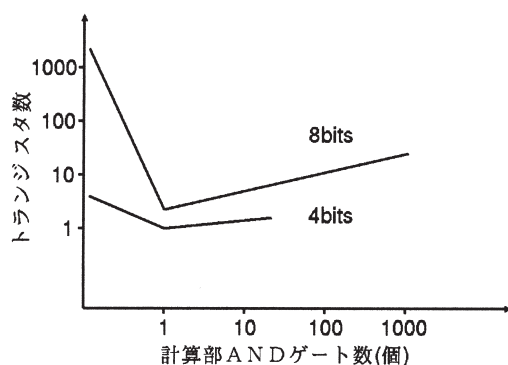


図1 トランジスタ数－計算部ANDゲート数関係

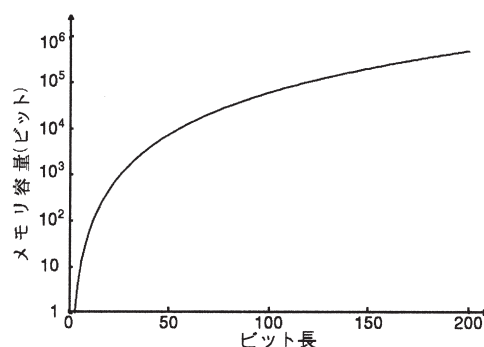


図2 ビット長－メモリ容量関係

エネルギー生成研究部門 粒子エネルギー研究分野（吉川潔研究室） 「慣性静電閉じ込め核融合の研究」

慣性静電閉じ込め核融合（Inertial Electrostatic Confinement fusion: IEC）とはイオンを球形状中心に加速収束させ核融合反応を起こさせるもので、ビーム・ビーム衝突核融合の一種です（図1、2）。すなわち、球形状の陽極（真空容器を兼ねる）およびメッシュ状陰極の間でグロー放電を起こさせると生じたイオンは陰極に向かって加速されメッシュ状陰極を通過し球中心に収束します。イオンビームを球形状中心に収束させると電子はイオンの作るポテンシャルにより同じく球中心に集中してイオンの空間電荷を一部中和し、中心部のイオン密度を上昇させると考えられています。

IEC装置は将来の核融合炉としての用途以外にも、小型であるという利点から高速中性子・陽子源として地雷探査、石油探索、ガン治療など広い応用が考えられます。IEC中性子源は従来の超ウラン元素（例えば ^{252}Cf ）中性子源と比べて、1）エネルギースペクトルが単色、2）崩壊による強度減衰がない、3）強度を自由に制御できる、4）パルス幅を任意に変えられる、といった点で優れています。

本研究室では、IEC動作原理の解明と核融合反応率の向上を目指して実験と理論の両面から研究を行っています。

理論研究においては、原子衝突過程を考慮した粒子シミュレーションコードを作成し、これを用いた解析で以下のような核融合反応メカニズムに関わる重要な成果を得ました。

- (1) イオンビーム電流がある数居値を越えるとポテンシャルの山の内側に電子の存在に起因するポテンシャル井戸が生じ、二重井戸構造が生成される。
- (2) 二重井戸構造が形成される条件下では中性子発生数は電流の2乗以上の依存性を示す。

実験においてはこれまでに直径約35cmの装置で定常的に $1.1 \times 10^7 \text{ n/sec}$ のD-D中性子発生を実証しました。また、分光計測方法（レーザー誘起蛍光法）により陰極中心付近の局所電界強度分布の直接的な測定に世界で初めて成功、上述の二重井戸構造の存在を証明し（図3黒丸）、30年にわたる二重井戸の存在に関する議論に終止符を打ちました。また、ドップラーシフト分光法によりIECプラズマ中のイオンとの荷電交換反応によって生成される高速中性原子のエネルギー分布を明らかにしました（図4）。

今後は、これらの測定法を駆使して陰極中心付近のポテンシャル分布やイオンのエネルギー分布と中性子発生量との相関を明らかにし、IEC動作原理の完全な解明と核融合反応率の大幅な向上を目指します。

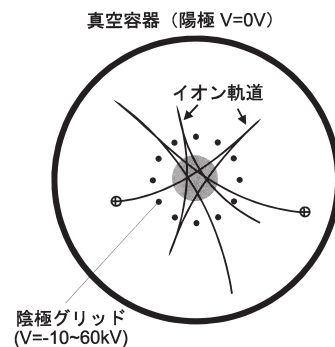


図1 IEC装置の概略図

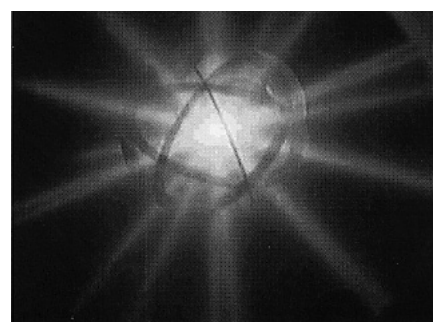


図2 陰極付近の放電の様子

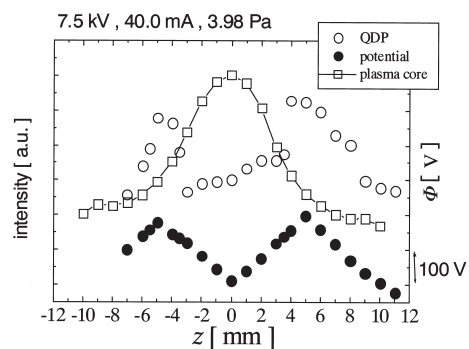


図3 二重井戸電位分布（黒丸）、プラズマコアからの自発発光強度分布（白四角）とレーザー誘起蛍光強度分布（白丸）

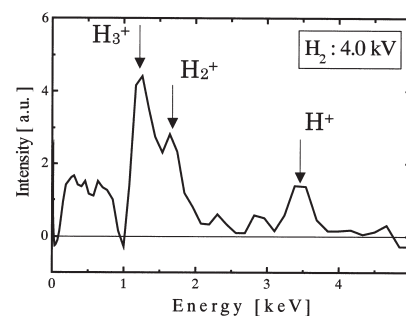


図4 中性水素原子のエネルギー分布。3つのイオン種に起因する3つのピークが見られる。

エネルギー生成研究部門 プラズマエネルギー研究分野（大引研究室） 「ヘリオトロン」装置における周辺プラズマの輸送

トーラス型磁場閉じ込め装置で高温プラズマを長時間安定に維持・制御するためには、高温プラズマ閉じ込め領域の周辺（スクレイプオフ層（SOL））に存在する「周辺プラズマ」を、如何に旨く制御できるかが鍵となります。私たちの研究グループでは、先進的高温プラズマ閉じ込め磁場として提案しているヘリカル軸ヘリオトロン磁場配位における周辺プラズマ制御技術の開発を目指し、ヘリオトロンJ装置を用いた実験的研究を行っています。ヘリオトロンJ装置は周辺領域の磁場構造を大きく変えることが可能で、この研究を通じて、ヘリカル軸ヘリオトロン磁場に最適な周辺磁場構造並びに周辺プラズマ制御法開発への道が開けるものと期待しています。本稿では、周辺プラズマにおける粒子の輸送を実験的に調べることを目的として昨年度から開始した、トレーサ・ガス入射実験を紹介します。

この実験は、周辺プラズマ中にトレーサ粒子を注入し、その粒子の発するスペクトル線を分光器やカメラ等で捉えることによりトレーサ粒子の挙動を監視することによってプラズマの粒子輸送課程に関する情報を得ようとするものです。入射されたトレーサ粒子は、最初、電荷を持たないので磁力線に関係なく閉じ込め領域へと拡散して行きますが、その一部は周辺プラズマにより電離され、磁力線方向へ流れて行くと考えられます。入射粒子数に対するプラズマ閉じ込め領域内トレーサ粒子数の関係は、周辺プラズマによる外来不純物の「遮蔽効果」と関係します。また、電離されたイオンの流れはSOL領域のバルク・プラズマの流れと関連付けられ、周辺プラズマの粒子・熱輸送に関する重要な情報が得られるものと期待されます。

今回の実験では、水素プラズマに対して、ヘリウム（He）をトレーサとして用いました。図1は標準配位におけるHe入射放電のHeI（He入射位置と同一ポロイダル断面）、HeII（入射位置から約45°、180°トロイダル方向に離れた断面）および線電子密度（ n_{el} ）の時間発展（実線、w/He）を、He入射を行っていないもの（点線、w/o He）とあわせて示しています。He⁺からの発光がトロイダル方向に離れた位置で観測されており、イオン化したHeが磁力線に沿ってトロイダル方向へ拡散していることが示唆されます。プラズマ閉じ込め領域内に侵入したHe量は n_{el} が低くなるほど多くなる傾向が示されました。 n_{el} の低い放電ではSOLプラズマ密度も低く、SOL中でのイオン化割合が減少し、遮蔽効果が弱まるものと考えられます。また、HeIIフィルターを装着したカメラの映像（図2）は、He⁺が磁力線方向へ流れていることを明確に示しています。しかしながら、観測領域の狭さの問題もあり、磁力線に沿った流れが非等方であるか否かは今のところ明らかではなく、今後の研究で明らかにして行きたいと考えています。

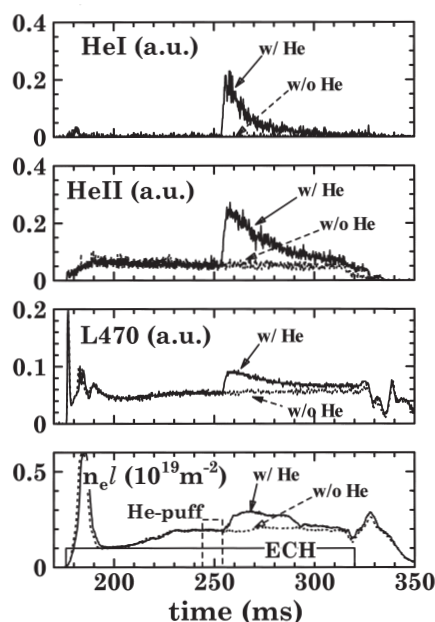


図1. ヘリウム放射強度（HeI、HeII、L470（HeII））および線電子密度（ n_{el} ）の時間発展例

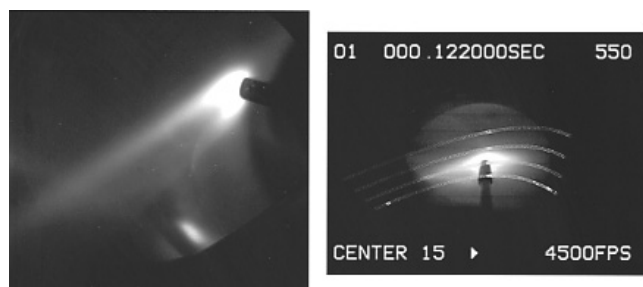


図2. 周辺領域プラズマ流を調べるHe入射実験時のHe⁺からの発光（HeII 468.6nm）。

左図：トーラスの接線方向から見た場合。

右図：プラズマをトーラスの外側から中心に向かって見た場合（白線は磁力線の向きを示す）。

電波応用工学研究部門 マイクロ波エネルギー伝送分野（橋本研究室） 「スペクトル拡散したパイロット信号を用いた到来方向測定システム」

当研究室は、マイクロ波応用工学、電波工学、通信工学、科学衛星による波動観測、信号処理、計算機シミュレーションといった研究を行なっている。本稿では携帯電話でも用いられているスペクトル拡散変調方式をマイクロ波無線伝送技術に応用にした研究を紹介する。マイクロ波を用い無線で電力を送るので、送電側と受電側が電線でつながっていない。宇宙空間で太陽光発電し、地上へエネルギーを伝送する宇宙太陽発電所（SPS）を始めさまざまな応用が可能である。

マイクロ波送電システムでは送電目標（受電側）から送信するパイロット信号を受信し、そのアンテナ間の位相情報を利用して、マイクロ波ビームの方向を瞬時にその目標へ向けるレトロディレクティブ方式というビーム制御法が採用されている。これまで研究されてきた方式ではパイロット信号は連続波（CW）を用いていたため、同一周波数での複数のパイロット信号や妨害波が存在すると干渉のために正しい送電目標位置が特定できないという欠点があった。そこでパイロット信号をスペクトラム拡散（SS）符号化することで妨害波に影響されない新しいシステムを開発している。受信した信号を逆拡散して元の信号に戻した上で、位相差を求める。複数のパイロット信号が来た場合にもCDMAの原理により、的確に処理が可能である。送電側が低軌道衛星で受電局が複数ある場合に、パイロット信号が同時に受信されることはあり得ることである。

実験例を示す。図1のように移動する送信器（#1）と40度方向の固定送信器（#2）と2ヶ所から、共に904MHzのSSパイロット信号を送信して電波暗室で実験を行った。1波長離れた2つのアンテナで受信した。それぞれの信号は周波数を10.7MHzに変換した後にそれぞれの拡散符号で逆拡散され、位相差を比較する。伝播距離は約2mで、図2の上図に位相差の測定値と理論値の誤差を、下図に到来角に対する誤差を示した。複数の信号を区別して到来方向が到来角で2度以内の誤差で得られた。このようにSS方式の有用性が確かめられた。現在は、測定精度の向上や送受信アンテナを同一の場所に置くことによる汎用化、送電下での安定な動作を得る方法の開発を行っている。

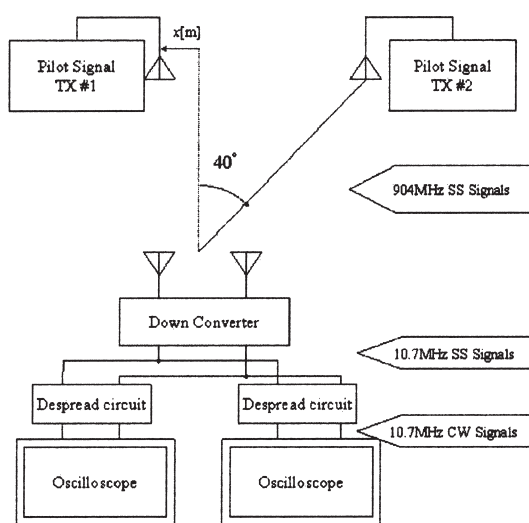


図1 SSパイロット信号による実験配置

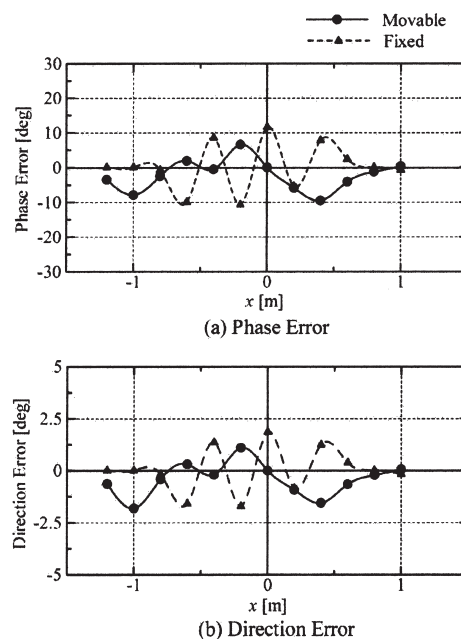


図2 SS拡散信号による実験結果

電波応用工学研究部門 レーダーリモートセンシング工学分野（深尾研究室）

「レーダー／超高精度観測気球を用いた大気乱流・波動の研究：MUTSIキャンペーン観測」

京都大学宙空電波科学研究センター（RASC）はレーダー・リモートセンシング技術を開発し利用することで大気研究分野における世界的な先駆的研究機関として国際的に認知されている。特に、当センターが開発したVHF帯レーダーであるMUレーダー（Middle and Upper atmosphere radar：写真1）は、大気の様々な層構造を解明するための類稀な観測機として内外の研究者によって広く利用されている。このレーダーシステムは天候や時間に関わらず、数分・数百メートルという高い時間・高度分解能で大気の様々なパラメータを測定することが可能である。

MUレーダーはエコーのドップラーシフトを検出することで風速場を三次元で捕らえることができる。他、大気乱流、山岳波や重力波、安定成層や圏界面、そして前線面の通過などの情報も得ることができる。これらの現象は、微量物質や汚染物質の拡散、局所的な気象現象などに影響するため、これらの現象に関する研究は大気中における質量、エネルギーや運動量の輸送を理解する上で極めて重要である。レーダーエコーの原因である乱流による後方散乱の基礎的なメカニズムはよく知られていて、レーダーは半波長スケール（MUレーダーでは約3メートル）の屈折率変化に対して感度がある。

しかしながら、実際の大气中のこの散乱の性質は極めて複雑であり、まだ十分な説明がなされていない。そのことから後方散乱に対する更なる研究が必要とされており、例えば波動によって生成された乱流の発生・発展と消滅、安定大気中における層傾斜、より巨視的なスケールの動きとそれらとの関連などを特に理解する必要がある。

数メートル以下という超高空間分解能をもつ気球搭載センサーによる乱流の直接観測はこの研究のために甚だ有効ではあるが、技術的には困難を伴う。すなわち、乱流が引き起こす温度変化は極めて小さいため、例えば気球そのものが温度場を簡単に攪乱してしまうことがありうるからである。フランス国立宇宙センター（CNRS）に所属する大気科学研究所（Service d'Aéronomie）が開発した超高精度観測気球（写真2）は、およそ乱流の最小スケールである10センチメートルという高度分解能をもち、3 m Kという高精度で気温の高度変化を測定することが可能である。この超高精度気球をMUレーダー近傍から飛翔させ、ドップラー観測や空間領域・周波数領域干渉計観測などの複数の観測をMUレーダーで同時に行うことが提案されてきた。

これを受けて1998年日仏共同で「MUTSI（MU radar, Temperature Sheets and Interferometry）」と呼ばれるプロジェクトがスタートした。2000年5月8～26日の期間にはMUレーダーとこの気球の観測結果を比較する目的のキャンペーン観測が実施され、京都府京田辺市から10機の気球が飛翔された。ここで得られたデータは、現在、RASCに滞在中のフランスのHubert Luce博士らを中心に解析中である。初期解析結果によると、シアー不安定から引き起こされる乱流のすべての混合過程が存在することが明らかになった。この過程は温度層と呼ばれる安定薄層の根源となる主機構の一つであり得るし、レーダーの鉛直照射ビームからも検出されている。



写真1：MUレーダー外観



写真2：超高精度観測気球

京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー (KU-VBL)

「若手研究者助成・共同研究助成」～独創的アイデアをもつ若手研究者育成を目指して～

京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー (VBL) は、多くの研究科、学部、研究所などから、先進電子材料に興味をもつ研究者が集まって研究を展開することを目的とした組織です。特に、大学院学生などの若い研究者がユニークな発想をもって参加し、ベンチャービジネスの萌芽となるような研究成果が生まれることを期待しています。そこで、京大VBLでは、1996年度より独創的なアイデアを持つ、学生・大学院生・ポストドクや学内、学外、企業等と連携して共同研究を行う若手研究者を対象として、研究援助を行っております。助成対象は本VBLのメイン研究テーマである「先進電子材料の開発」に加えて、「ベンチャービジネスを興す上での経済や法律面からの調査研究」など多岐にわたっています。助成者の採択は応募者の研究計画、プレゼンテーションを通して、独創性・計画性・やる気などを評価して決定します。助成期間終了後には、研究報告書の提出と成果報告会に加え、自分の研究内容と特許の関連、特許・VBに対する意見などを記した「特許レポート」の提出を義務づけています。また、当該年度における優秀な成果を挙げた研究課題にはKU-VBL賞を授与すると共に、採択研究者全員に本施設に常設している特許相談室の積極的な利用を呼びかけ、新規かつ独創的アイデアの特許化を支援しています。KU-VBLでは、本助成金制度を通して、研究のオリジナリティーの重要性や客観的な位置づけ、特許・産業界との関わりなど広視野で自分の研究を再認識し、研究者としての自覚が育まれることを期待しています。以下に、過去採択された研究リストを記します。

(VBLの活動内容詳細は、<http://www.vbl.kyoto-u.ac.jp/>にて紹介しています。)

【VBL若手研究助成・共同研究助成の採択課題例】

- ◆花粉特異的転写調節エレメントを利用した人工的雄性不稔植物の開発
- ◆「病院運営支援システム」開発のためのニーズ実態研究とデータ最適化技術の応用
- ◆微小肺腫瘍追尾システムの開発 (磁気誘導内視鏡手術システムの開発)
- ◆フラーレンの新規分離精製法の開発とその超伝導性の検討
- ◆導電性金属硼化合物基板上へのGa₂Nヘテロエピタキシャル成長とデバイスへの応用
- ◆ウエハ融着法による空気/半導体回折格子内蔵型高機能半導体レーザの研究
- ◆PCIバス・インターフェース回路のIP (Intellectual Property) 化
- ◆R&D型ベンチャーにおけるコラボレーション基盤の確立とイノベーションの組織化課題
- ◆現在の大学における研究に求められているものとは

平成13年度

VBL若手研究助成および共同研究助成の募集

※切：7/13

【1. 研究助成の趣旨】

京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー (VBL) では、1996年度より独創的なアイデアを持つ、学生・ポストドクや学内外と連携して共同研究を行う若手研究者を対象として、研究援助を行っております。一昨年度より京大VBLの先端研究プロジェクトである「先進電子材料開発」に加えて、「ベンチャービジネスに関する調査研究や支援活動」も対象分野に加えておりますので、文系の学生・大学院生も奮ってご応募頂きますようご案内申し上げます。

【2. 助成対象の研究者】

研究助成は、下記3つの項目に該当する者(個人・グループ)を対象とします。
(a) 本学学生・大学院生 (約10万円～50万円/年を10%程度)
(b) 本学ポストドク研究者 (約50万円/年を5%)
(c) 学外、企業等と連携研究を行う学内研究者 (約100万円/年を5%)
(注) 学外との共同研究の場合も、予算執行は全て学内研究者が行います。

【3. 助成期間と対象となる研究分野】

2002年3月末までとします。2002年3月に最終報告として報告書(A4縦2～4枚)および特許レポート(A4縦2枚以内)の提出と、2002年中に開かれる成果報告会にて発表を行って頂きます。(特許の場合は特許取得時)
対象となる研究分野は以下の通りです。(a),(b)に対しては下記(i),(ii),(iii)が、(c)に対しては下記(i)が助成対象となります。
(i) 京大VBLの所長となる「先進電子材料開発」に関する研究分野
(ii) 特許取得およびベンチャー・ビジネスに関する研究
(iii) ベンチャー・ビジネスに関する調査研究や支援活動
(注) 助成を認められた方、VBLにて開催されるセミナー、企業訪問等を積極的に活用して頂くことを強く希望します。

【4. 応募締切】

2001年7月13日(金曜日) 22:00まで
なお、(b),(c)の研究助成に関しては、7/13後も申請によっては特別申請を受け付けます。詳しくは、VBL施設長までご連絡下さい。

【5. 応募要領】

A4用紙1～2枚程度に以下の点について記入して下さい。
1. 応募者名、所属および身分、指導教官名(a)の助成対象者のみ、連絡先、電話番号、e-mailアドレス
2. 題目
3. 目的 (具体的に)
4. 意義 (特許取得の可能性に関する項目を含む)
5. 希望助成金額とその使用内訳
6. 計画 (具体的に、特に助成金の使途を明確に。)
7. 準備状況
8. 国内および海外における当該研究などの現状
9. 共同研究の必要性 ((c)の助成対象者のみ)

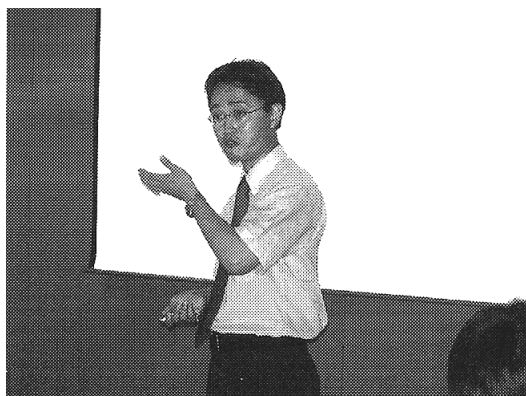
【6. 提出および問い合わせ先】

〒606-8501 京都市左京区吉田本町
京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー 2F 研究員室
石田 剛司 (E-mail: kishida@kuee.kyoto-u.ac.jp)
※机上に用意した専用ボックスに提出して下さい。

【7. 審査および採用通知】

まず、簡単な一次書類審査を行います。1次審査の合格者には下記要領で最終審査を行い助成対象者を決定します。(1次書類審査の結果、および最終審査時間は、E-mail等で7/19日までに本人に知らせます。)
(最終審査予定)
日時：7月27日(金) 9:30～ 場所：KU-VBLセミナー室(2F)
審査方式：OHPにより1人6分程度の発表を行っていただき、その後、3分程度の質疑応答を行います。
一次、最終審査ともに受理の新しい助成金の必要性などを重視して行います。結果が決まりたい申請者に通告を報告します。なお、助成金は授業料減免からの運用ですので、商品購入、旅費などには使用できません。
詳細は、石田(kishida@kuee.kyoto-u.ac.jp)までご連絡下さい。

H13VBL若手研究助成の募集ポスター



審査会場でのプレゼンテーションの様子